

08-16-04

1

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Michael Käsbauer, et al.
Serial No.: 10/797,454
Filed: March 10, 2004
Group Art: 3747
Confirmation No.: 4436
Title: *Adaptive Control Method*

Mail Stop Amendment
Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as Express Mail No. EV35394363US addressed to: Mail Stop Amendment, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on August 13, 2004.

Angela Loding
Angela Loding

EV352394363US

Dear Sir:

TRANSMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Applicants enclose a certified copy of the German patent application DE 10144337.4 filed September 10, 2001.

REMARKS

The Commissioner is hereby authorized to charge any fees or credit any overpayment to Deposit Account No. 50-2148 of Baker Botts L.L.P.

If there are any matters concerning this Application that may be cleared up in a telephone conversation, please contact Applicants' attorney at 512.322.2606.

Respectfully submitted,

BAKER BOTTS L.L.P.

Attorneys for Applicants

Bruce W. Slayden II
Bruce W. Slayden II
Reg. No. 33,790

Date: August 13, 2004

Correspondence Address:

Customer No. **31625**

512.322.2606
512.322.8306 (Fax)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 44 337.4

Anmeldetag: 10. September 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Adaptives Regelverfahren

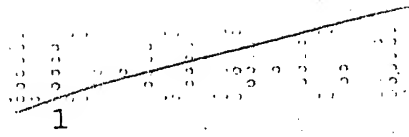
IPC: G 05 B, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Schäfer



Beschreibung

Adaptives Regelverfahren

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Regelverfahren, bei dem die Stellung einer Stelleinrichtung, die eine Einrichtung zur Stellungsrückmeldung aufweist, in einem Bereich zwischen zwei Endstellungen unter Verwendung einer Messgröße, die von der Einrichtung zur Stellungsrückmeldung
10 in Abhängigkeit von der Stellung der Stelleinrichtung abgegeben wird, und einer Kennlinie, mittels derer jedem Wert der Messgröße ein Ist-Wert für die Stellung zugeordnet wird, auf einen Soll-Wert für die Stellung geregelt wird.

15 Derartige gattungsgemäße Regelverfahren sind grundsätzlich bekannt und können in vielen Bereichen eingesetzt werden.

Beispielsweise ist es denkbar, ein solches Verfahren bei der Abgasrückführung einer Brennkraftmaschine zu verwenden. Durch
20 eine Rückführung des Abgases einer Brennkraftmaschine in deren Lufteinlasskanal ist es möglich, die Verbrennungsspitzen-temperatur in der Brennkraftmaschine und damit den NO_x -Gehalt der Abgase zu senken. Hierzu wird der Abgasrückfluss von einem Steuergerät zur Steuerung der Brennkraftmaschine mittels
25 eines Abgasrückführventils gesteuert. Das als Stelleinrichtung fungierende Abgasrückführventil kann hierzu eine drehbare Klappe aufweisen, mit der der Abgasrückführungs-kanal ganz oder teilweise verschließbar ist. Als Einrichtung zur Stellungsrückmeldung kann ein mit der Klappe drehbarer Drehwider-
30 stand mit einer elektrischen Schaltung vorgesehen sein, die ein den Spannungsabfall an dem Drehwiderstand wiedergebendes Signal ausgibt. Hängt der Widerstand des Drehwiderstand beispielsweise linear vom Drehwinkel ab, ergibt sich als Kennlinie eine Gerade, so dass durch Erfassung der Spannung an dem
35 Drehwiderstand dessen Drehwinkel und damit die Stellung der Klappe einfach feststellbar ist. Die Stellung des Abgasrückführventils und insbesondere der Klappe könnte bei einer sol-

chen Anordnung daher mit einem gattungsgemäßen Regelverfahren geregelt werden.

Die Genauigkeit der Steuerung kann sich jedoch während des Betriebs der Brennkraftmaschine zum einen durch eine Veränderung der Einrichtung zur Stellungsrückmeldung, beispielsweise des Drehwiderstands infolge einer Temperaturänderung, oder eine Veränderung der mechanischen Stellelemente, beispielsweise durch eine Verschmutzung der Klappe oder des Abgasrückführkanals, verändern. Dies kann dazu führen, dass die Güte der Abgasreinigung herabgesetzt wird und Normen für die Abgasemission nicht eingehalten werden.

Wird die Bewegung der Klappe durch mechanische Anschläge an den Endstellungen begrenzt, kann die Regelung auf der Basis einer nicht mehr gültigen Kennlinie dazu führen, dass bei Ansteuerung einer nicht mehr zutreffend festzustellenden Endstellung der die Klappe bewegende Motor diese gegen den Anschlag presst und dabei unnötig hohen Strömen ausgesetzt ist, wodurch die Lebensdauer des Motors sinkt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Regelverfahren der obengenannten Art bereitzustellen, das es erlaubt, die Zuverlässigkeit der Regelung während des Betriebs zu verbessern.

Die Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Regelverfahren, dadurch gelöst, dass während der Regelung der Soll- oder der Ist-Wert für die Stellung überwacht wird und dass, wenn der Soll- bzw. Ist-Wert für die Stellung innerhalb eines vorgegebenen Abstands von einem vorgegebenen Wert für eine Adaptionsstellung liegt, die Kennlinie adaptiert wird, indem die Regelung unterbrochen wird, die Stelleinrichtung in die Adaptionsstellung gesteuert wird, in der Adaptionsstellung ein Wert der Messgröße der Einrichtung zur Stellungsrückmeldung erfasst und daraus ein Adaptionswert bestimmt wird und die Kennlinie unter Verwendung des Adaptionswertes und der Adap-

tionsstellung angepasst wird. Daraufhin wird die Regelung wieder aufgenommen.

5 Durch die Adaption der Kennlinie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann gewährleistet werden, dass Veränderungen der Stelleinrichtung, die in Veränderungen der tatsächlichen Zuordnung des Wertes für die Adaptionsstellung und des in dieser Stellung erfassten Wertes der Messgröße resultieren, durch die Adaption der Kennlinie bei der Regelung berücksichtigt werden. Dadurch ist eine erhöhte Zuverlässigkeit der
10 Regelung der Stellung der Stelleinrichtung gewährleistet.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zur Adaption die Regelung unterbrochen und die Stelleinrichtung in die vorgegebene Adaptionsstellung gesteuert. Hierzu ist eine gewisse
15 Mindestzeit erforderlich, die um so größer ist, je weiter die Ist-Stellung der Stelleinrichtung von der Adaptionsstellung entfernt liegt. Vorteilhafterweise wird daher zur Erzielung einer besonders schnellen und daher die Regelung nur wenig beeinträchtigenden Adaption der Soll- oder der Ist-Wert für
20 die Stellung während der Regelung überwacht, und diese nur dann zur Adaption unterbrochen, wenn die Stellung der Stelleinrichtung nahe der Adaptionsstellung ist und daher schnell in diese gesteuert werden kann.

25 Im erfindungsgemäßen Verfahren kann der Ist-Wert für die Stellung oder der Soll-Wert für die Stellung überwacht werden. Unter der Überwachung des Ist-Wertes der Stellung wird dabei insbesondere auch die direkte Überwachung des entsprechenden, von der Einrichtung zur Stellungsrückmeldung erfassten Wertes der Messgröße verstanden. In diesem Fall kann eine Prüfung des Kriteriums, ob der Ist-Wert für die Stellung innerhalb eines vorgegebenen Abstands von dem vorgegebenen Wert für die Adaptionsstellung liegt, dadurch erfolgen, dass ge-
30 prüft wird, ob ein von der Einrichtung zur Stellungsrückmeldung erfasster Wert der Messgröße innerhalb eines entsprechenden Abstandes von dem dem Wert für die Adaptionsstellung
35

entsprechend der Kennlinie zugeordneten Wert der Messgröße liegt.

Erfindungsgemäß kann die Adaption durchgeführt werden, wenn
5 der Soll- bzw. der Ist-Wert für die Stellung innerhalb eines
vorgegebenen Abstands von einem vorgegebenen Wert für die A-
daptionsstellung liegt. Eine Adaption ist bei Erreichen einer
solchen Stellung jedoch nicht immer notwendig. Daher ist es
bevorzugt, dass während der Regelung die Erfüllung mindestens
10 einer weiteren Bedingung in Bezug auf die Regelung überwacht
und die Adaption der Kennlinie nur durchgeführt wird, wenn
die weitere Bedingung erfüllt ist. Hierdurch kann vorteil-
hafterweise erreicht werden, dass die Regelung nur dann un-
terbrochen wird, wenn eine Adaption notwendig erscheint.

15 Besonders bevorzugt kann dabei als weitere Bedingung vorgese-
hen sein, dass nach der Durchführung einer Adaption eine vor-
gegebene Mindestzeit vergehen muss, bis die nächste Adaption
durchgeführt werden kann. Hierdurch kann insbesondere vermie-
den werden, dass bei einer zufälligen Regelsituation, in der
20 die Soll-Stellung der Stalleinrichtung in der Nähe der Adap-
tionsstellung liegt, unnötig häufig die Regelung unterbrochen
und eine Adaption durchgeführt wird. Somit wird die Beein-
trächtigung des Gesamtregelverhaltens so gering wie möglich
25 gehalten.

Alternativ oder zusätzlich kann die zeitliche Änderung der
Soll-Stellung oder der Ist-Stellung überwacht werden, und die
Adaption der Kennlinie nur durchgeführt werden, wenn der Be-
trag der zeitlichen Änderung der Soll- beziehungsweise der
30 Ist-Stellung kleiner als ein Maximalwert ist. Durch die Über-
wachung des Betrages der zeitlichen Änderung der Stellung
bzw. des Wertes für die Stellung, die einer Überwachung des
Betrages der Änderungsgeschwindigkeit der Soll- beziehungs-
weise Ist-Stellung entspricht, ist vermieden, dass eine Adap-
35 tion in einer Situation durchgeführt wird, in der, angezeigt
durch die schnelle Änderung des Soll- beziehungsweise Ist-

Wertes, eine Regelung besonders notwendig ist und einer Unterbrechung der Regelung dementsprechend zu Störungen führen würde.

- 5 Die Erfassung von Werten der Messgröße für die Adaption sollte erst erfolgen, wenn die Stelleinrichtung die vorgesehene Adaptionsstellung erreicht hat. Zusätzlich kann eine eingeleitete Adaption abgebrochen werden falls eine oder mehrere Adaptionsbedingungen nicht mehr erfüllt sind. Dann kann der
10 letztgültige oder auch ein Ersatzwert verwendet werden.

- Vorteilhaft kann während der Ansteuerung der Adaptionsstellung bereits der Wert der Messgröße daraufhin überwacht werden, ob ein stationärer Zustand erreicht wird, und in diesem
15 Fall mit der Erfassung der Werte für die eigentliche Adaption begonnen werden.

- Die zur Adaption verwendete Adaptionsstellung wird jedoch besonders vorteilhaft so gewählt, dass sie ohne Benutzung der
20 erfassten Werte der Messgröße der Einrichtung zur Stellungsrückmeldung ansteuerbar ist, da dann die Adaptionsstellung mit größerer Zuverlässigkeit angesteuert werden kann.

- Es ist daher bevorzugt, dass eine Stelleinrichtung verwendet
25 wird, die so ausgebildet ist, dass deren Stellung nicht über mindestens eine der Endstellungen hinaus veränderbar ist, und dass diese Endstellung der Stelleinrichtung als Adaptionsstellung verwendet wird. Dazu kann beispielsweise eine mechanische Stelleinrichtungen zur Begrenzung der Bewegung einen
30 Anschlag aufweisen, der eine Bewegung der Stelleinrichtung über die Endstellung hinaus verhindert. Die Endstellung kann jedoch auch durch eine durch die Auslegung der Stelleinrichtung bedingte Begrenzung elektrischer Größen, beispielsweise von maximal bereitstellbaren Halteströmen, definiert sein.

35

Es ist weiter bevorzugt, dass der Wert für die Messgröße nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne nach Unterbrechung der

Regelung erfasst wird, d. h. nach Beginn der Adaption. Diese Zeitspanne wird vorzugsweise so gewählt, dass bei üblichen Stellgeschwindigkeiten die Adaptionsstellung sicher erreicht ist, wenn sich die Stelleinrichtung zu Beginn der Adaption in dem zur Auslösung der Adaption vorgesehenen Bereich befindet.

Besonders einfach und daher bevorzugt kann in dem Fall, dass die Stelleinrichtung eine elektrisch betriebene Antriebseinrichtung aufweist, das Erreichen der Adaptionsstellung durch Überwachung der Stromaufnahme der Antriebseinrichtung festgestellt werden. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn die Adaptionsstellung in einer Endstellung liegt, an der ein Anschlag vorgesehen ist, der eine Veränderung der Stellung der Stelleinrichtung über den Anschlag hinaus mechanisch verhindert. Hierdurch wird ein besonders einfaches Verfahren zur Überprüfung des Erreichens der Adaptionsstellung bereitgestellt.

Bevorzugt ist die Kennlinie als Funktion darstellbar, die durch ein oder zwei Paare von einander zugeordneten Adaptionswerten der Messgröße und dem dem Adaptionswert der Messgröße entsprechenden Wert für die Adaptionsstellung parametrisierbar ist, so dass für eine vollständige Adaption nur ein oder zwei Adaptionsstellungen angesteuert werden müssen. Obwohl die Adaptionsstellungen grundsätzlich beliebige, geeignete Stellung zwischen den Endstellungen sein können, ist es besonders bevorzugt, wenn die Funktion derart wählbar ist, dass die Kennlinie durch Adaption in den Endstellungen vollständig adaptierbar ist. Insbesondere kann es sich bei der Funktion um eine lineare Funktion, d. h. eine Geradengleichung, handeln. Es sind aber auch allgemein Kennlinien höherer Ordnung möglich.

Die Bestimmung des Adaptionswertes der Messgröße kann auf vielfältige Weise erfolgen. Im einfachsten Fall wird der erfasste Wert der Messgröße direkt verwendet. Es sind aber, je nach Anwendung, auch geeignete Filterungen denkbar.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Regelverfahrens wird der in der Adaptionstellung erfasste Wert der Messgröße einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und bei Feststellung eines nicht plausiblen Wertes ein entsprechendes Signal an eine Diagnoseeinrichtung ausgegeben. Bei dieser Weiterbildungen wird also nicht nur die Kennlinie zur Verbesserung der Regelung adaptiert, sondern es kann durch die Plausibilitätsprüfung gleichzeitig eine Fehlerdiagnose der Stelleinrichtung erfolgen. Insbesondere kann gewährleistet werden, dass bei Auftreten von Fehlern an der Stelleinrichtung, die sich in nicht plausiblen Werten der Messgröße äußern, entsprechende Warnsignale ausgegeben oder Notprogramme bzw. Notläufe ausgeführt werden können. Weiterhin ist es einfach möglich, die Stelleinrichtung als Fehlerquelle zu identifizieren.

Es ist dabei besonders bevorzugt, dass bei der Plausibilitätsprüfung geprüft wird, ob der in der Adaptionstellung erfasste Wert der Messgröße innerhalb eines vorgegebenen Wertebereichs liegt. Hierbei kann es sich insbesondere um einen, z. B. aus Herstellerangaben abgeleiteten Toleranzbereich handeln, innerhalb dessen erfasste, der Adaptionstellung entsprechende Werte der Messgröße als nicht fehlerhaft anzusehen sind. Bei einem Verlassen dieses Bereichs ist von einem Fehler auszugehen, so dass dann ein entsprechendes Signal an eine Diagnoseeinrichtung ausgegeben wird.

Weiterhin ist es besonders bevorzugt, dass bei Feststellung nicht plausibler Werte der Messgröße bei der Adaption statt des erfassten Wertes der Messgröße ein vorgegebener Ersatzwert verwendet wird. Dann kann nach Beendigung der Adaption das Regelverfahren zunächst mit dem Ersatzwert weitergeführt werden, wodurch eine gewisse Mindestfunktionalität der Regelung auch bei Auftreten eines Fehlers gewährleistet ist.

Besonders bevorzugt können weiterhin Adaptionswerte aus mehreren Durchführungen der Adaption der Kennlinie zur Diagnose von Fehlern verwendet werden. Insbesondere können zeitlich aufeinanderfolgende Adaptionswerte der Messgröße, die derselben Adaptionsstellung entsprechen, auf eine Langzeitdrift hin untersucht werden. Bei Feststellung einer Langzeitdrift können dann entsprechende Diagnosesignale, z. B. an eine Diagnoseeinrichtung, ausgegeben werden.

10 Nach Erreichen der Adaptionsstellung wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zunächst der Wert der Messgröße wenigstens einmal erfasst und zur Bestimmung des Adaptionswertes verwendet. Die in der Adaptionsstellung erfassten Werte der Messgröße können jedoch bedingt durch beispielsweise statistische
15 Fehler bei der Erfassung der Messgröße durch die Einrichtung zur Stellungsrückmeldung schwanken, was die Genauigkeit der Adaption herabsetzen würde. Es ist daher bevorzugt, dass der Wert der Messgröße in der Adaptionsstellung mehrfach erfasst und der Adaptionswert der Messgröße durch eine Tiefpassfilterung
20 gebildet wird. Hierzu kann insbesondere als Filter ein gleitender Mittelwert oder einen gewichteter gleitender Mittelwert verwendet werden.

Nach Beendigung der Adaption wird die Regelung erfindungsgemäß wieder aufgenommen. Bevorzugt wird dabei ein integrierendes Element des Regelverfahrens neu initialisiert. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass durch die Unterbrechung der
25 Regelung das integrierende Element, z.B. bei einem PID-Regler, keine grob unzutreffenden Werte annimmt.

30 Besonders bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung der Stellung eines Abgasrückführventils einer Brennkraftmaschine verwendet, wobei die Stelleinrichtung das Abgasrückführventil umfasst. Hierdurch können beispielsweise
35 durch Verschmutzung oder Temperaturänderungen aufgetretene Änderungen der Stelleinrichtung durch Adaption der Kennlinie

ausgeglichen, beziehungsweise Fehler an der Stelleinrichtung erkannt werden.

Es sind aber auch andere Anwendungen denkbar, z.B. der Einsatz bei Drosselkappenstellern, bei Turbolader-Wastegates, bei Turboladern mit variabler Turbinengeometrie oder Schieberhülsenladern, bei elektromechanischen Ventiltrieben, bei Fenster- oder Scheibenwischerantrieben aber auch bei nicht automobilbezogenen Vorrichtungen, wie Werkzeugmaschinen o.ä.

10

Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Steuergerät, das zur Durchführung des erfindungsgemäßen Regelverfahrens ausgebildet ist. Dies kann durch eine entsprechende digitale Schaltung oder Software erfolgen, die mit dem Steuergerät ausgeführt wird.

15

Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen:

20 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Abgasrückführung und einem Steuergerät nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung,

25 Fig. 2 eine schematische Darstellung der Kennlinie eines Drehwiderstands in der Abgasrückführung in Fig. 1 und

30 Fig. 3A, 3B und 3C ein Ablaufdiagramm eines Regelverfahrens für das Abgasrückführventil in der Brennkraftmaschine in Fig. 1 nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

35 In Fig. 1 wird einer Brennkraftmaschine 1 über einen Lufteinlasskanal 2 Luft zur Verbrennung von Kraftstoff zugeführt. Über einen Abgaskanal 3 werden die bei der Verbrennung des Kraftstoffs erzeugten Abgase der Brennkraftmaschine 1 abge-

14

führt. Über einen Abgasrückführungs kanal 4 können Abgase dem Lufteinlasskanal 2 zugeführt werden, um die Verbrennungsspitzen temperatur in der Brennkraftmaschine 1 und damit den NO_x -Gehalt in den Abgasen abzusenken.

5

Zur Steuerung des zurückgeführten Abgasstroms ist ein Abgasrückführventil 5 vorgesehen, dessen Stellung über ein Steuergerät 6 geregelt wird, das auch, in Fig. 1 durch einen Pfeil angedeutet, in an sich bekannter Weise die Brennkraftmaschine 1 steuert. Hierzu sind an der Brennkraftmaschine an sich bekannte, in der Fig. 1 nicht gezeigte Fühler, die Betriebsparameter der Brennkraftmaschine 1 erfassen und dem Steuergerät 6 zuführen, sowie, in Fig. 1 ebenfalls nicht gezeigt, von dem Steuergerät 6 angesteuerte Stellglieder vorgesehen.

15

Das Abgasrückführventil 5 weist eine drehbar gelagerte Klappe 7 auf, mittels derer der Abgasrückführungs kanal 4 ganz oder teilweise abgesperrt werden kann. Die Stellung der Klappe 7 ist durch einen Stellmotor 8 veränderbar, dessen Bewegung, wie in Fig. 1 durch einen Pfeil angedeutet, von dem Steuergerät 6 steuerbar ist. Dabei sind zwei in Fig. 1 nicht gezeigte Anschläge vorgesehen, die sicherstellen, dass die Klappe nur über einen Winkelbereich von 90° zwischen einer senkrechten Endstellung, in der der Abgasrückführungs kanal 4 vollständig verschlossen ist, und einer waagerechten Endstellung, in der der Abgasrückführungs kanal 4 vollständig geöffnet ist, bewegbar ist. Die senkrechte Endstellung und der entsprechende Anschlag wird im folgenden als rechte Endstellung bzw. rechter Anschlag und die waagerechte Endstellung und der entsprechende Anschlag als linke Endstellung bzw. linker Anschlag bezeichnet.

30

Eine Einrichtung zur Stellungsrückmeldung wird durch einen Drehwiderstand 9 und eine in dem Steuergerät angeordnete, in Fig. 1 nicht gezeigte Schaltung gebildet, die eine an dem Widerstand des Drehwiderstands abgefallene Spannung V ausgibt. Der Drehwiderstand 9 ist dabei mit einer Welle, mittels derer

35

auch die Klappe 7 bewegbar ist, drehbar, wobei sich dessen Widerstand in Abhängigkeit von dem Drehwinkel ändert. Die Ist-Position der Klappe 7 ist daher durch den Spannungsabfall an dem Drehwiderstand 9 ermittelbar.

5

Hierzu wird die in Fig. 2 gezeigte Kennlinie verwendet, die einen Zusammenhang zwischen Winkelstellungen POS der Klappe 7 und Spannungswerten V qualitativ darstellt, so dass eine Angabe der Skalierung und der Einheiten an den Achsen nicht notwendig ist. Die Klappe 7 ist zwischen der linken und rechten Endstellung POSL und POSR kontinuierlich verstellbar, denen jeweils Spannungswerte VL und VR zugeordnet sind. Da die funktionale Form der Kennlinie durch eine Geradengleichung gegeben ist, ist die Kennlinie allein durch die Angabe der Wertepaare (VL, POSL) und (VR, POSR) an ihren Endpunkten festlegbar. Insbesondere kann die Kennlinie durch die Geradengleichung für die Stellung POS in Abhängigkeit von dem Spannungswert V

10

15

20

$$POS = (POSR - POSL) / (VR - VL) (V - VL) + POSL$$

dargestellt werden.

25

Im Abgaskanal 3 ist weiterhin ein Temperaturfühler 10 zur Erfassung der Abgastemperatur angeordnet, der der erfassten Temperatur entsprechende Signale an das Steuergerät 6 ausgibt.

30

Schließlich ist das Steuergerät 6 mit einem Diagnosesystem 11 verbunden, das der Erfassung von Fehlern und Auslösung entsprechender Maßnahmen dient.

35

Die Stellung der Klappe 7 wird durch ein in dem Steuergerät 6 ablaufendes Programm gemäß dem Regelverfahren nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung geregelt. Das Regelverfahren ist in den Fig. 3A, 3B und 3C in Form eines Ablaufdiagramms schematisch dargestellt.

16

In Fig. 3A ist das eigentliche Verfahren zur Regelung der Stellung der Klappe 7 nur grob schematisch dargestellt, wobei die für die Erläuterung der Erfindung in ihren Einzelheiten nicht wichtigen Schritte nicht genauer dargestellt sind. Das Regelverfahren läuft dabei iterativ ab.

In Schritt S1 wird zunächst der Ist-Wert V_i des Spannungsabfalls an dem Drehwiderstand 9 erfasst.

10

In dem folgenden Schritt S2 wird dann anhand der in Fig. 2 gezeigten Kennlinie ein dem Ist-Wert V_i entsprechender Ist-Wert POS_i der Stellung der Klappe 7 ermittelt. Dazu wird die oben angegebene Darstellung der Kennlinie verwendet, die sich aus der allgemeinen funktionalen Form einer linearen Funktion und der in dem Steuergerät 6 gespeicherten Werte der Variablen VR, POSR, VL und POSL ergibt.

15

In dem folgenden Schritt S3 wird in Abhängigkeit von weiteren, für die Beschreibung der Erfindung nicht wesentlichen, grundsätzlich bekannten Parametern auf der Basis des Ist-Wertes POS_i ein Soll-Wert POS_{neu} für die Stellung der Klappe 7 ermittelt und der Stellmotor 8 entsprechend angesteuert, so dass bei einer Änderung des Soll-Werts die Stellung der Klappe 7 verändert wird.

25

In den folgenden Schritten wird ermittelt, ob eine Adaption der Kennlinie durchgeführt werden soll.

In dem Schritt S4 wird dazu zunächst geprüft, ob die Änderungsgeschwindigkeit des Soll-Wertes POS_{neu} für die Stellung der Klappe 7 einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Dazu wird der Betrag der Differenz zwischen dem neuen Soll-Wert POS_{neu} und dem bei der letzten Iteration ermittelten Soll-Wert POS_{alt} berechnet und mit einem Wert $DPOS$ verglichen, der dem Produkt aus dem vorgegebenen Schwellwert der Änderungsgeschwindigkeit und der für eine Iteration, d.h. den

30

35

Durchlauf durch die Schritte S1 bis S8 maximal benötigten Zeit entspricht. Ist der Wert des ermittelten Betrages größer als DPOS, wird das Verfahren mit Schritt S5 fortgesetzt, in dem der Variablen POSalt der letzte Soll-Wert POSneu für die Stellung der Klappe 7 zugewiesen wird. Das Verfahren wird dann ohne Unterbrechung der Regelung mit Schritt S1 fortgesetzt.

Wird in Schritt S4 jedoch festgestellt, dass der Betrag der Differenz kleiner als der Wert DPOS und damit die Änderungsgeschwindigkeit des Soll-Wertes POSneu für die Stellung der Klappe 7 kleiner als der vorgegebenen Schwellwert ist, wird in Schritt S6 überprüft, ob die von dem Temperaturfühler 10 erfasste Temperatur T des Abgases in dem Abgaskanal 3 in einem vorgegebenen Temperaturbereich zwischen 0° und 100°C liegt. Ist dies der Fall, besteht kein Anlass zu der Annahme, dass eine Adaption der Kennlinie notwendig wäre, so dass das Verfahren mit Schritt S5 ohne eine Unterbrechung der Regelung fortgesetzt wird.

20 Andernfalls werden in den Schritten S7 und S8 Kriterien im Hinblick auf die Nähe zu einer Adaptionstellung geprüft.

Zur Adaptionen werden in dem erfindungsgemäßen Verfahren nach
25 diesem Ausführungsbeispiel die beiden Endstellungen der Klap-
pe 7 verwendet, denen die Werte POSL beziehungsweise POSR für
die Stellungen zugeordnet sind.

30 Wird in Schritt S6 festgestellt, dass die Temperatur sich nicht in dem vorgegebenen Bereich befindet, wird daher in Schritt S7 überprüft, ob sich der neue Soll-Wert für die Stellung außerhalb eines vorgegebenen Abstandes DIST von dem Wert POSL für die Adaptionstellung befindet.

35 Ist dies der Fall, wird in Schritt S8 überprüft, ob sich der neue Soll-Wert für die Stellung auch außerhalb eines vorgegebenen Abstandes DIST von dem Wert POSR für die Adaptionstellung

18

lung befindet. Wird festgestellt, dass diese Bedingung zu-
trifft, wird das Verfahren mit dem Schritt S5 fortgesetzt,
ohne dass die Regelung unterbrochen und eine Adaption durch-
geführt wird. Denn der Soll-Wert für die Stellung ist in die-
sem Fall zu weit von dem Wert für eine der Adaptionstellungen
5 entfernt, so dass die Klappe 7 über einen weiten Winkel-
bereich in eine der Adaptionstellungen bewegt werden müsste,
wodurch die Regelung für eine vergleichsweise lange Zeit un-
terbrochen werden müsste.

10

Wird in Schritt S7 festgestellt, dass der Soll-Wert für die
Stellung hinreichend nahe bei dem Wert POSL für die Adapti-
onsstellung liegt, wird das im wesentlichen in Fig. 3B darge-
stellte Adaptionsverfahren durchgeführt, wodurch die eigent-
liche, in den Schritten S1 und S2 ablaufende Regelung der
15 Stellung der Klappe 7 unterbrochen wird.

20

Da die Adaption nur über einen bestimmten Zeitraum durchge-
führt wird, wird zunächst in Schritt S9 ein in dem Steuerge-
rät 6 enthaltener, in Fig. 1 nicht gezeigter Zeitgeber ge-
startet. Bei Verwendung einer digitalen Steuerung kann es
sich hierbei insbesondere um einen einfachen, im Takt der di-
gitalen Steuerung inkrementierten Zähler handeln.

25

Daraufhin wird in Schritt S10 der Stellmotor 8 so angesteu-
ert, dass die Klappe 7 mit einer vorgegebenen Drehgeschwin-
digkeit in Richtung auf den linken Anschlag für die linke A-
daptionsstellung zu bewegt wird.

30

Während der Bewegung der Klappe 7 wird in Schritt S11 die ak-
tuelle Zeit des Zeitgebers daraufhin überprüft, ob eine Min-
destzeit t_{min} überschritten wurde. Ist dies nicht der Fall,
wird die Drehung der Klappe 7 mittels des Stellmotors 8 fort-
gesetzt. Die Zeit t_{min} ist hierbei so groß gewählt, dass die

35

Klappe 7 bei der gewählten Drehgeschwindigkeit des Stellmo-
tors 8 im Rahmen zu erwartender Abweichungen von der Kennli-
nie auf jeden Fall erreicht wird, wobei die Klappe 7 gegebe-

nenfalls durch den Stellmotor 8 für eine gewisse Zeit gegen den linken Anschlag gepresst wird. Hiermit kann weitgehend gewährleistet werden, dass sich nach der Zeit t_{min} die Klappe auch tatsächlich an dem linken Anschlag befindet.

5

Wird die Zeit t_{min} überschritten, wird in Schritt S12 ein Tiefpassfilter für bei der Adaption erfasste Spannungswerte V_i für den Spannungsabfall an dem Drehwiderstand 9 in dem Steuergerät 6 initialisiert. Dieser Tiefpassfilter ermittelt im wesentlichen einen gleitenden, gewichteten Mittelwert über zwei Zeitschritte.

10

In Schritt S13 wird darauf der dem Ist-Widerstand des Drehwiderstandes und damit der Position der Klappe 7 entsprechende Spannungswert V_i erfasst und in Schritt S14 einer Filterung in dem Tiefpassfilter unter Bildung eines gefilterten Spannungswertes V_{i_F} unterzogen.

15

Dieser gefilterte Spannungswert V_{i_F} wird dann in den Schritten S15 und S16 einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Hierbei wird geprüft, ob der gefilterte Spannungswert V_{i_F} innerhalb eines von dem Hersteller des Abgasrückführventils angegebenen Toleranzbereichs liegt.

20

Genauer wird in Schritt S15 geprüft, ob der gefilterte Spannungswert V_{i_F} kleiner als ein oberer Toleranzwert V_{MAX_L} für den linken Anschlag ist, und in Schritt S16, ob der gefilterte Spannungswert V_{i_F} größer als ein unterer Toleranzwert V_{MIN_L} für den linken Anschlag ist.

25

30

Sind beide Bedingungen erfüllt, wird in Schritt S17 überprüft, ob eine für die Adaption vorgegebene maximale Zeitdauer t_{max} überschritten wurde. Ist dies nicht der Fall, wird erneut ein Spannungswert V_i erfasst, woraufhin die Schritte S14 bis S16 wiederholt werden.

35

Ist eine der Bedingungen nicht erfüllt, wird in Schritt S18 ein Signal an das Diagnosesystem 11 (OBD) ausgegebenen, das für den Fehler, dass der Spannungswert am linken Anschlag außerhalb des Toleranzbereichs liegt, charakteristisch ist.

5

In Schritt S19 wird daraufhin der gefilterte Spannungswert V_{i_F} auf einen vorgegebenen Ersatzwert V_{S_L} für den linken Anschlag gesetzt, so dass das Regelverfahren später mit einer sinnvollen, durch den Ersatzwert gegebenen Ersatzkennlinie fortgesetzt werden kann.

10

Wird in Schritt S17 festgestellt, dass die maximale, für die Adaption vorgesehene Zeit t_{max} überschritten ist, wird in Schritt S20 als Adaptionswert der letzte Wert V_{i_F} benutzt, und der Spannungswert V_L für den linken Anschlag auf diesen Adaptionswert gesetzt und abgespeichert. Dieser wird dann in der Geradengleichung für die - nun adaptierte - Kennlinie verwendet.

15

Selbstverständlich müssen die Schritte S15 und S16 nicht unbedingt in dieser Reihenfolge oder nacheinander ausgeführt werden. Insbesondere kann zur Prüfung der Plausibilitätsbedingung eine digitale Schaltung mit einem ODER-Gatter verwendet werden.

20

25

Nach Abschluss dieser Adaption wird in Schritt S21 der Integralanteil des Reglers bzw. des Regelverfahrens neu initialisiert, woraufhin mit Schritt S5 das normale Regelverfahren wieder aufgenommen wird.

30

Wird in Schritt S8 festgestellt, dass sich der Soll-Wert für die Stellung hinreichend nahe bei dem Wert POSR für die rechte Adaptionstellung befindet, wird das im wesentlichen in Fig. 3C dargestellte Adaptionsverfahren durchgeführt, wobei die im wesentlichen durch die Schritte S1 und S2 erfolgende Stellungsregelung unterbrochen wird. Die in Fig. 3C dargestellte Adaption der Kennlinie für den rechten Anschlag ent-

35

- spricht im wesentlichen der in Fig. 3B dargestellten Adaption der Kennlinie für den linken Anschlag. Insbesondere entsprechen die Schritte S22 bis S31 den Schritten S9 bis S20, wobei jedoch die Grenzen V_MIN_L und V_MAX_L des Toleranzbereichs für den Spannungswert am linken Anschlag ersetzt sind durch entsprechende Grenzen V_MIN_R und V_MAX_R des Toleranzbereichs für den Spannungswert am rechten Anschlag. Weiterhin ist das Signal an das Diagnosesystem entsprechend modifiziert, so dass das Diagnosesystem feststellen kann, ob der Fehler am linken oder am rechten Anschlag aufgetreten ist. Schließlich wird bei Auftreten eines Fehlers für den gefilterten Spannungswert nun als Ersatzwert an Stelle des Ersatzwertes V_S_L der Ersatzwert V_S_R verwendet.
- Das geschilderte Regelverfahren nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gestattet es, nicht nur die Kennlinie während des Betriebs der Brennkraftmaschine 1 bei einer möglichst kurzen Unterbrechung der Regelung der Stellung des Abgasrückführventils 5 zu adaptieren, sondern auch das Auftreten von Fehlern mittels der an das Diagnosesystem ausgegebenen Fehlersignale zu erkennen und dabei gleichzeitig als Adaptionswert einen Ersatzwert bereitzustellen, der eine weitere Funktion der Stellungsregelung erlaubt.

Patentansprüche

1. Regelverfahren, bei dem die Stellung einer Stelleinrichtung (5), die eine Einrichtung (9) zur Stellungsrückmeldung aufweist, in einem Bereich zwischen zwei Endstellungen unter Verwendung einer Messgröße, die von der Einrichtung (9) zur Stellungsrückmeldung in Abhängigkeit von der Stellung der Stelleinrichtung (5) abgegeben wird, und einer Kennlinie, mittels derer jedem Wert der Messgröße ein Ist-Wert für die Stellung zugeordnet wird, auf einen Soll-Wert für die Stellung geregelt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass während der Regelung der Soll-Wert oder der Ist-Wert für die Stellung überwacht wird und
dass die Kennlinie adaptiert wird, wenn der Soll-Wert beziehungsweise der Ist-Wert für die Stellung innerhalb eines vorgegebenen Abstands von einem vorgegebenen Wert für eine Adaptionsstellung liegt, indem
- die Regelung unterbrochen wird,
 - die Stelleinrichtung (5) in die Adaptionsstellung gesteuert wird,
 - in der Adaptionsstellung ein Wert der Messgröße erfasst und daraus ein Adaptionswert bestimmt wird und
 - die Kennlinie unter Verwendung des Adaptionswertes und der Adaptionsstellung angepasst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass während der Regelung die Erfüllung mindestens einer weiteren Bedingung in Bezug auf die Regelung überwacht wird und
dass die Adaption der Kennlinie nur durchgeführt wird, wenn die Bedingung erfüllt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zeitliche Änderung des Soll-Wertes für die Stellung oder des Ist-Wertes für die Stellung überwacht wird und

dass die Adaption der Kennlinie nur durchgeführt wird, wenn der Betrag der zeitlichen Änderung des Soll-Wertes beziehungsweise des Ist-Wertes kleiner als ein Maximalwert ist.

5 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Stelleinrichtung (5) verwendet wird, die so ausgebildet ist, dass ihre Stellung nicht über mindestens eine der
10 Endstellungen hinaus veränderbar ist, und
dass diese Endstellung der Stelleinrichtung (5) als Adaptionsstellung verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass der Wert der Messgröße nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne nach Unterbrechung der Regelung erfasst wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder nach Anspruch 5 und Anspruch 4,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass das Erreichen der Adaptionsstellung durch Überwachung der Stromaufnahme einer elektrischen Antriebseinrichtung (8) der Stelleinrichtung (5) festgestellt wird.

25 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kennlinie als Funktion darstellbar ist, die durch ein oder zwei Paare von einander zugeordneten Adaptionswerten der Messgröße und dem entsprechenden Wert für die Adaptions-
30 stellung parametrisierbar ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der in der Adaptionsstellung erfasste Wert der Messgröße
35 einer Plausibilitätsprüfung unterzogen wird, und
dass bei Feststellung eines nicht plausiblen Wertes ein ent-

sprechendes Signal an eine Diagnoseeinrichtung ausgegeben wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Plausibilitätsprüfung geprüft wird, ob der in der Adaptionsstellung erfasste Wert der Messgröße innerhalb eines vorgegebenen Wertebereichs liegt.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Feststellung eines nicht plausiblen Wertes statt des erfassten Wertes ein vorgegebener Ersatzwert verwendet wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Adaptionswerte mehrerer Adaptionsvorgänge zur Diagnose von Fehlern verwendet werden.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Wert der Messgröße in der Adaptionsstellung mehrfach erfasst wird und der Adaptionswert der Messgröße durch Filterung der erfassten Werte gebildet wird.
- 25 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein integrierendes Element des Regelverfahrens bei Wiederaufnahme der Regelung neu initialisiert wird.
- 30 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stellung eines Abgasrückführventils einer Brennkraftmaschine geregelt wird, wobei die Stelleinrichtung ein
35 Abgasrückführventil (5) antreibt.

15. Steuergerät, das zur Durchführung des Regelverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 geeignet ausgebildet ist.

Zusammenfassung

Adaptives Regelverfahren

- 5 Bei einem Regelverfahren, bei dem die Stellung einer Stell-
einrichtung (5), die eine Einrichtung (9) zur Stellungsrück-
meldung aufweist, in einem Bereich zwischen zwei Endstellun-
gen unter Verwendung einer Messgröße, die von der Einrichtung
10 (9) zur Stellungsrückmeldung in Abhängigkeit von der Stellung
der Stelleinrichtung (5) abgegeben wird, und einer Kennlinie
geregelt wird, wird während der Regelung ein Soll-Wert oder
ein Ist-Wert für die Stellung überwacht. Die Kennlinie wird
adaptiert, wenn der Soll-Wert beziehungsweise der Ist-Wert
15 für die Stellung innerhalb eines vorgegebenen Abstands von
einem vorgegebenen Wert für eine Adaptionstellung liegt.

Figur 1

1/5

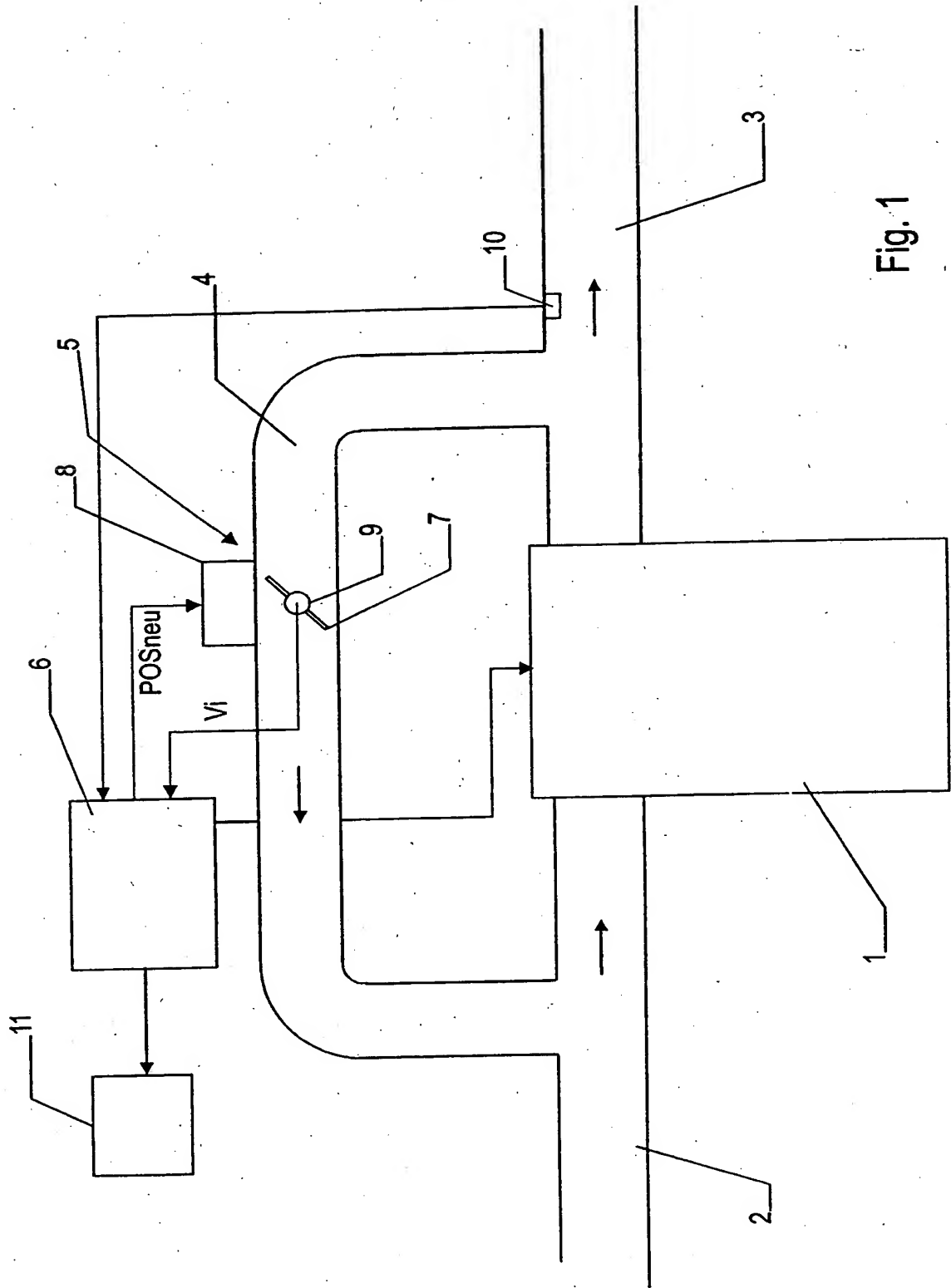


Fig. 1

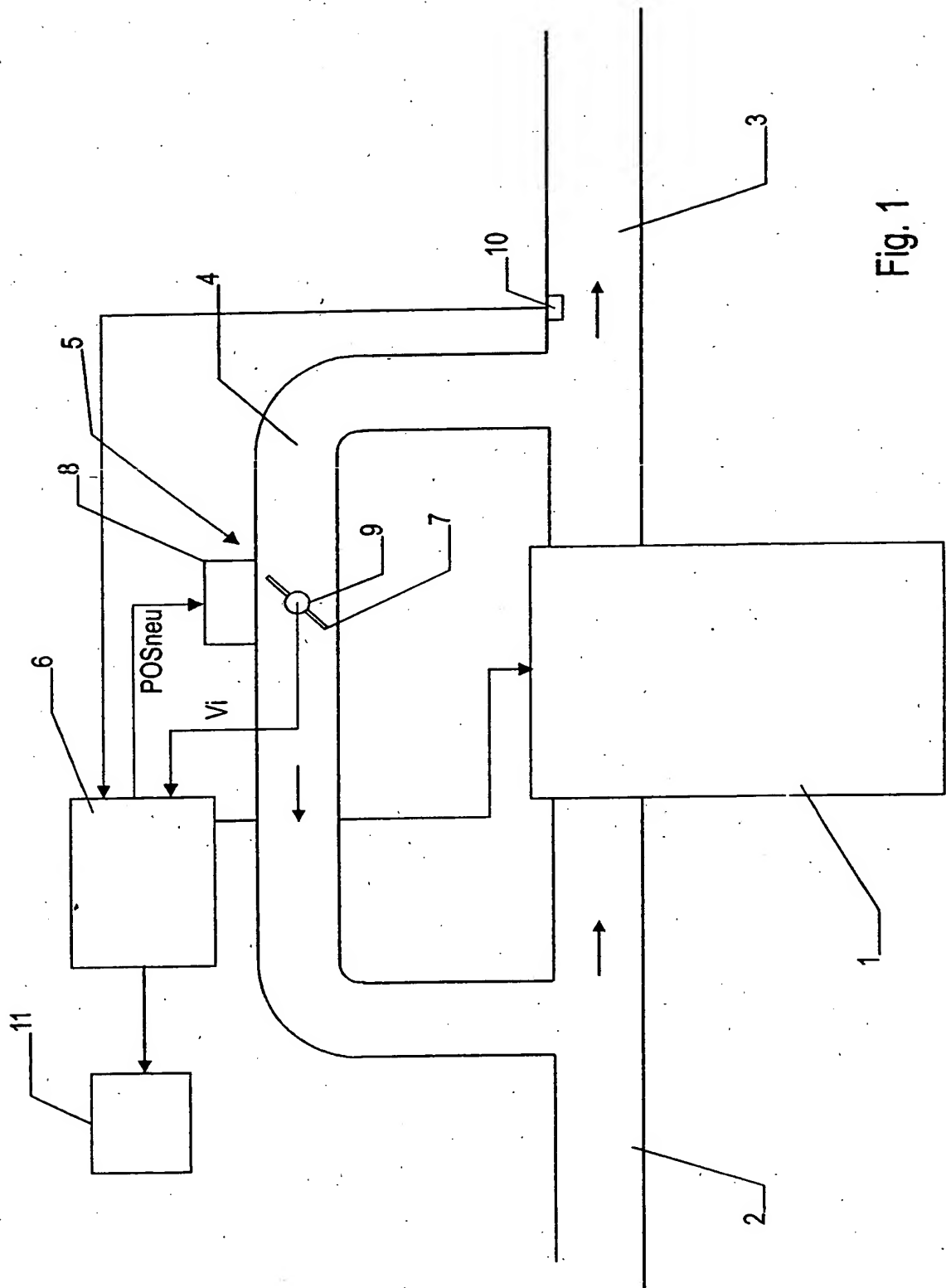


Fig. 1

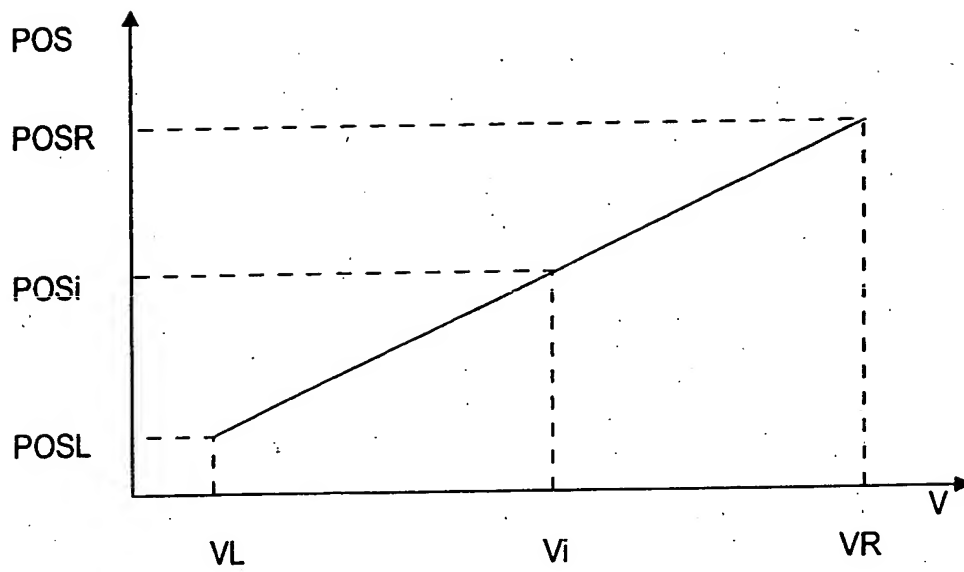


Fig. 2

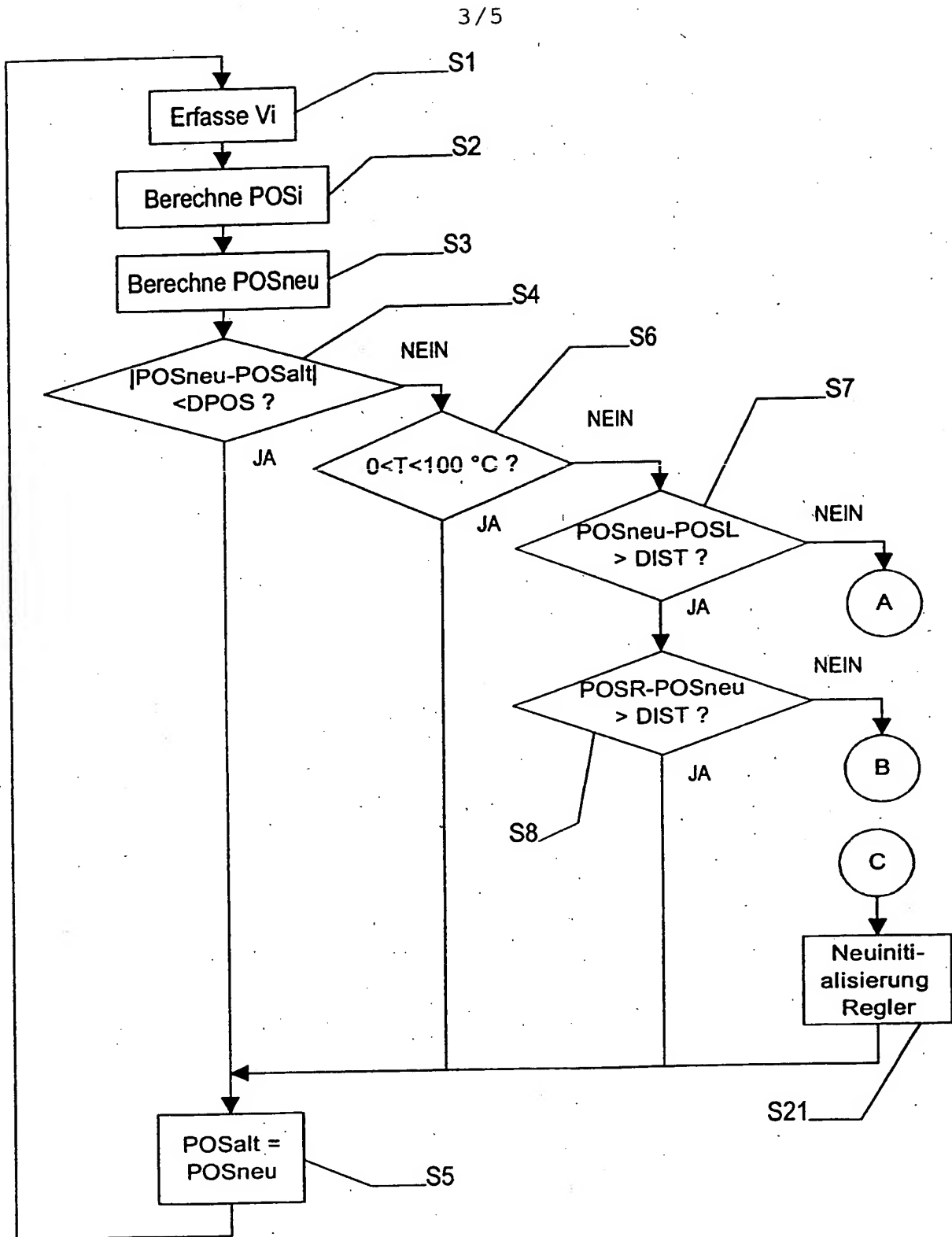
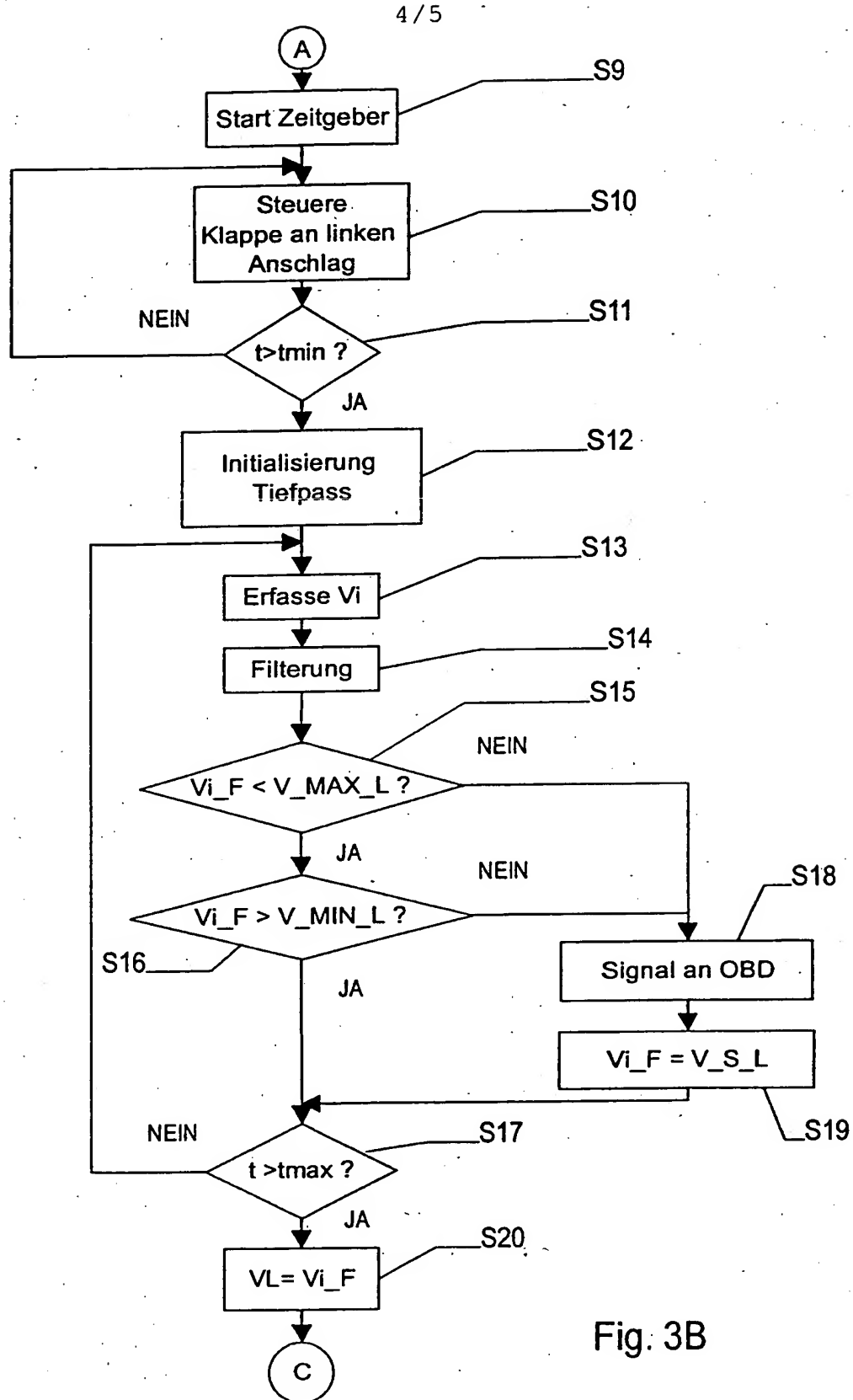


Fig. 3A



5/5

30

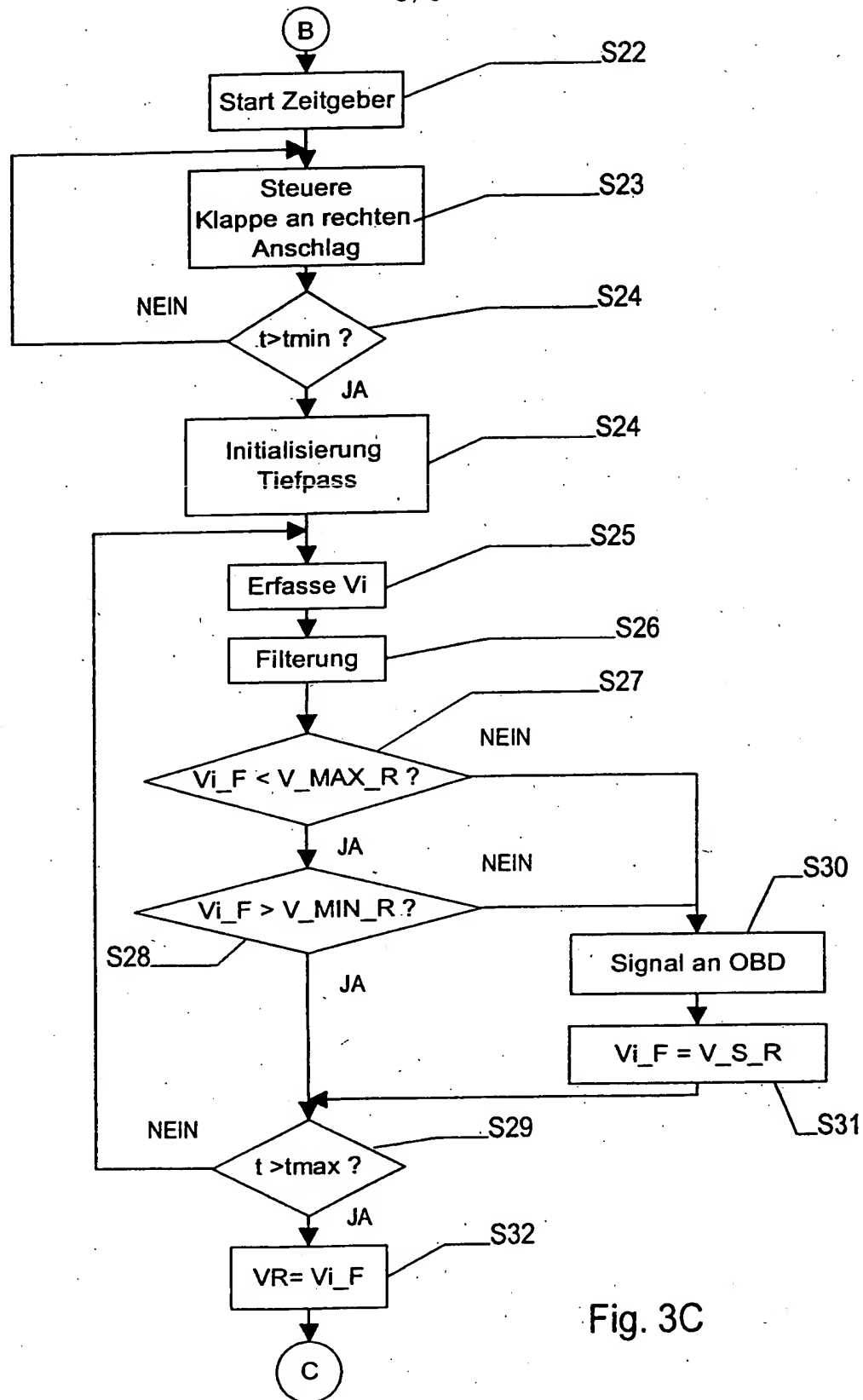


Fig. 3C